

Avances sobre la inclusión de ácidos grasos en la dieta de los cerdos

Advances on the inclusion of fatty acids in the diet of pigs

Luz Andrea Guevara Garay¹, Laura Isabel Escarria Panesso², Nydia Esperanza Garibello Cobos²

RESUMEN

El conocimiento del metabolismo de los nutrientes en las especies de interés zootécnico resulta fundamental al momento de establecer estrategias nutricionales que puedan incrementar la producción. Para el caso de los lípidos en cerdos, los esfuerzos de investigación se han centrado los últimos años en establecer el efecto de las diferentes fuentes de ácidos grasos, sobre el desempeño productivo, reproductivo, así como sobre la calidad de la canal.

Algunos ácidos grasos han sido ampliamente estudiados en cerdos, como el linoléico y docosahexaenoico, pero los mayores esfuerzos en investigación han sido con relación al ácido linoléico conjugado; sin embargo, la información sobre este, en muchas ocasiones es contradictoria en cuanto a su efecto sobre el metabolismo y comportamiento productivo del cerdo.

Los estudios que han pretendido determinar el efecto de los ácidos grasos sobre el comportamiento reproductivo, han evaluado parámetros como el número de lechones por camada, la capacidad de volver rápidamente al estro en la cerda y el aumento en la tasa de sobrevivencia de los lechones antes del destete, entre otros.

Palabras Claves: ácidos grasos, alimentación animal, cerdo, crecimiento, lípidos, metabolismo, reproducción.

¹Medica Veterinaria Zootecnista, Especialista en Nutrición Animal Aplicada, MSc en Ciencias Veterinarias – Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Colombia.

²Estudiantes Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Tecnológica de Pereira. Risaralda, Colombia
Correo electrónico: liescarria@utp.edu.co, negaribello@utp.edu.co

ABSTRACT

The knowledge of metabolism of the nutrients in the species of animal production interest results fundamental at the moment of establishment of nutritional strategies that may increase production. For the case of lipids in pigs, the efforts of investigation have been centered during the last years in establish the effect of the different sources of fatty acids, on the productive performance, reproductive, and also the channel quality.

Some fatty acids have been overly studied in swine, for example linoleic and docosahexaenoic, but the best efforts in investigation have been related to the conjugated linoleic acid; however, the data on these, in many occasions is contradictory on its effect on metabolism and the productive behaviour of swine.

The studies that have intended to determinate the effect of the fatty acids on the reproductive behaviour have evaluated parameters such, as the number of sucking pigs per litter, the sow capacity to quickly return to estrus and the increase in the survival rate of the piglets before weaning, among others.

Keywords: Animal feed, fatty acids, growth, lipids, metabolism, reproduction, swine

Introducción

El estudio de los ácidos grasos en cerdos, ha adquirido especial interés en las últimas décadas por parte de investigadores de las ciencias animales, debido a que existe la necesidad permanente por mejorar el desempeño de cerdas gestantes y lechones, así como la calidad de la carne del cerdo. A pesar de que existe gran cantidad de información, ésta se encuentra distribuida en diferentes fuentes, siendo difícil el acceso a todos los avances en el tema para los criadores interesados y en general la industria porcina.

El conocimiento del rol de los ácidos grasos en la dieta de las especies de interés zootécnico como los cerdos, es importante para la comunidad universitaria en formación, los profesionales del gremio y productores, como una herramienta para el manejo adecuado y la toma de decisiones en la alimentación, debido a que estos son tradicionalmente introducidos en las dietas como componentes de alta energía, participando los ácidos grasos con un 94-96% del peso total de las grasas y aceites¹; adicionalmente, las grasas y aceites de la dieta, aportan ácidos grasos esenciales (AGE), los cuales son vitales para mantener una correcta función del organismo.

La manipulación de los lípidos en la dieta de los cerdos es una práctica frecuente, utilizada para determinar cómo estos influyen sobre la calidad de la canal y la ganancia de peso.

El principal objetivo de las investigaciones es determinar cómo los ácidos grasos permiten obtener cerdos con un alto porcentaje de carne magra, que puedan ser comercializados a un buen precio. Las grasas y la síntesis de ácidos grasos¹, ya sea en el tejido adiposo o muscular, contribuyen de forma importante con varios aspectos de la calidad de la carne y el metabolismo de los cerdos en sus distintas etapas: Lechones de destete, en crecimiento, cerdos de engorde y cerdas de cría.

Los ácidos grasos se encuentran diferenciados entre saturados (no presentan dobles enlaces en la cadena hidrocarbonada), monoinsaturados (presentan un solo doble

enlace) y poliinsaturados (presentan dos o más insaturaciones)². Los ácidos grasos juegan un papel crítico en la homeostasis de la energía y la composición de la membrana celular, también ejercen potentes efectos sobre el desarrollo intestinal, la función inmune y la respuesta inflamatoria. Estudios recientes apoyan el potencial de los ácidos grasos (de cadena corta y ácidos grasos de cadena media y poliinsaturados de cadena larga) en funciones terapéuticas, específicamente en la inflamación intestinal de los cerdos³.

Muchos ensayos han comparado el efecto del uso en la dieta de lípidos de origen vegetal y animal sobre la calidad de la canal de los cerdos, algunos investigadores encontraron que no existe diferencia en la calidad de la canal, aunque si variación en la composición de ácidos grasos en el tejido adiposo, el lomo e hígado⁴, mientras que para la mayoría de los experimentos se ha evidenciado efecto tanto en la calidad de la canal como en la composición de ácidos grasos de esta^{5 6 7}. La composición de los ácidos grasos de la dieta define la deposición de grasa en los tejidos de los cerdos⁸.

El Objetivo general del presente estudio es: reunir información científica actualizada sobre los efectos del uso de ácidos grasos en cerdos.

Búsqueda de la información

Se llevó a cabo la revisión sistemática de los artículos publicados en las bases de datos electrónicas ScienceDirect, Springerbooks, Elsevier, PubMed y Scopus, entre los años 2007 a 2016. Los criterios de búsqueda y selección se limitaron a publicaciones originales en inglés y en español, relacionados con el uso de ácidos grasos en la alimentación de los cerdos y la forma como estos inciden en la calidad de la carne, el aumento de peso en cerdos adultos, y como benefician a las cerdas gestantes y a los lechones. Se incluyeron los artículos de revisión y originales con información relevante sobre la alimentación con distintos ácidos grasos contenidos en alimentos como la soya, palma, castaña, entre otros; adicionalmente se incluyeron

aquellos artículos relacionados con la identificación de ácidos grasos en la canal de los cerdos y su relación con calidad de la carne.

Los descriptores DeCS utilizados para la búsqueda fueron FattyAcids, Lipids, Swine, Animal Feed, Metabolism, Growth, Reproduction. Se usaron los conectores booleanos de: Intersección: AND, Y - Unión: OR, O - Exclusión: NOT, NO.

Resultados

Se revisó y seleccionó el texto completo de 66 publicaciones que mencionaron efectos sobre los parámetros productivos y reproductivos de los cerdos, como resultado de la inclusión de los ácidos grasos en la alimentación. En la figura 1 se puede ver el proceso de selección de los estudios, y las categorías en las que se clasificaron.

Figura 1. Diagrama de flujo de revisión sistemática de la literatura sobre los ácidos grasos en cerdos.

Búsqueda con descriptores DeCs.

33.526 artículos, distribuidos así:

1.525 en Science Direct
4.326 de Scopus,
Springer Books 15.362,
de Elsevier 10.980
Pubmed 1.333

Se excluyeron los artículos que no tenían que ver con ácidos grasos, Los estudio sobre la vitamina E y el selenio, con los efectos de la carne grasa de cerdo en la salud humana, o cuando fueron utilizados como experimento para comparar con la salud humana.

Selección

Se revisó y seleccionó el texto completo de 66 publicaciones que mencionaron efectos sobre la cantidad de grasa en los cerdos, como fruto de la alimentación.

Clasificación de los estudios encontrados en:

Hembras gestantes, hembras en lactancia
lechones, cerdos de ceba,
efectos en parámetros reproductivos.

Discusión

Durante la revisión de información se determinó que los ácidos grasos que conforman los lípidos, tienen efectos benéficos en los animales y el ser humano, estos se ven reflejados en aspectos como el metabolismo de la mucosa intestinal, un efecto antimicrobial, antiinflamatorio y actividad inmunomoduladora⁹; es así como los ácidos grasos de cadena corta tienen capacidad bacteriostática, regulan el factor de la expresión viral y tienen un efecto positivo sobre la salud intestinal en los cerdos¹⁰.

Las investigaciones enfocadas a entender el efecto de la adición en la dieta de ácidos grasos específicos han logrado definir con mayor detalle el rol de cada uno de estos en el organismo animal, encontrando que, la respuesta de algunos ácidos grasos es más rápida; los ácidos grasos saturados (AGS) y los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) se sintetizan en vivo y son menos influenciados por la dieta que el linoleico (C18: 2 n-6) y alfa linolenico (C18: 3n-3), ácidos que no pueden ser sintetizados y, por lo tanto, no pueden reflejar los cambios en la dieta¹¹; en la salud, la carne, el peso, el crecimiento o la reproducción de los cerdos.

De acuerdo a la orientación de los estudios encontrados, estos pueden ser agrupados de la siguiente forma para su fácil revisión:

Hembras gestantes

En el artículo publicado por Tanghe de Smet en el 2016, se reconoce la importancia de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (AGP) para optimizar el desempeño reproductivo en las cerdas, aunque resalta la falencia de información específica sobre los requerimientos de este nutriente en la dieta para este estado fisiológico¹².

El pobre desempeño reproductivo de las cerdas puede verse reflejado en altos índices de mortalidad perinatal, la cual ocasiona graves pérdidas económicas para la industria porcina¹³; por esta razón, se ha impulsado el desarrollo de múltiples investigaciones que permitan conocer el papel de los ácidos grasos en este periodo.

Algunos estudios han evaluado la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados (AGP) para cerdas en gestación y lactancia, encontrando que, si bien no tuvieron un efecto sobre el número de la camada, los AGP n-3, si mejoraron la ganancia de peso de los lechones a partir del nacimiento¹⁴. Un estudio similar, donde se suplementaron cerdas desde el destete hasta el día 30 de la segunda gestación, no registró efecto sobre el peso embrionario, la tasa de ovulación o la supervivencia embrionaria temprana, pero aumentó el peso de cuerpos lúteos (CL); en este estudio, los niveles de ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico (DHA) aumentaron en suero de cerdas¹⁵, esto sugiere la preparación para el regreso al estro de forma rápida.

Por otro lado, estudios realizados a cerdas alimentadas con dietas que contenían aceite de linaza, pescado y palma, determinaron la importancia de los AGP en el incremento del peso de los lechones durante su etapa de crecimiento¹⁶. Sin embargo, otras investigaciones con dietas que también contenían aceite de linaza demostraron no influir positivamente sobre el rendimiento reproductivo actual, pero si sobre el posterior¹³.

Los estudios han enfatizado el efecto de los AGP en el desarrollo del sistema nervioso, así como el desarrollo general del feto¹⁷, de tal manera que su suministro en hembras gestantes, mejora el desarrollo cognitivo de los fetos y aumenta la concentración de ácido docosahexaenoico en el cerebro de los lechones¹⁸. En las cerdas el ácido docosahexaenoico aumenta al doble la captación de glucosa a nivel intestinal influenciando la expresión de los transportadores de glucosa GLUT2 y SGLT1¹⁹.

Otro parámetro evaluado en diversos estudios, es como actúa la composición de ácidos grasos en la dieta de las cerdas sobre la duración de la gestación. Algunos estudios coincidieron al obtener un aumento en la duración de la gestación después de la suplementación con AGP provenientes del aceite de linaza y del aceite de pescado^{20 13}.

Algunas causas probables citadas sobre el nulo efecto de las demás dietas, mencionan la falta de cambios significativos en las concentraciones de eicosanoides,

debido a que el nivel de AGP en la dieta materna era demasiado baja o la suplementación se realizaba durante un corto período de tiempo para llegar a inducir tales cambios. Sin embargo, estas son teorías no comprobadas ya que ninguno de los estudios determinó los niveles de eicosanoides ni las concentraciones de prostaglandina E2 y prostaglandina F2 alfa²¹.

Diversos estudios confirman que finalizando la gestación y al iniciar el período de lactancia, el metabolismo de las hembras se encuentra bajo mucho estrés, debido principalmente a que el crecimiento del feto y el inicio de la lactancia, demandan mayor consumo de energía de la madre, por lo tanto, requieren de una alimentación rica en ácidos grasos que les permitan ayudar a suplir las necesidades del feto y recién nacido²², de lo contrario, la madre y su cría puede sufrir estrés oxidativo agravado, debido a que después del parto, el estado catabólico contribuye a la producción de radicales libres ya la inducción del estrés oxidativo, también es más propensa a desarrollar una respuesta inflamatoria aguda, debido a las lesiones provocadas en el útero y en el canal de parto durante el nacimiento del lechón²³.

Con el fin de poder establecer el efecto de diferentes aceites en la alimentación de los cerdos, se evaluaron dietas conformadas por almidón de maíz, aceite de pescado y aceite de oliva. Estos estudios concluyeron que las dietas que contenían aceite de oliva generaban un menor consumo de alimento y disminución del estrés en la hembra¹⁹, el bajo consumo de alimento fue atribuido al alto contenido de ácido oleico en la ración, ya que este es el sustrato para la formación de oleiletanolamida (OEA), el alto contenido de ácido oleico en el aceite de oliva podría causar el aumento específico en el nivel de OEA, que a su vez desencadenaría estímulos anorexígenos²⁴, es decir, la disminución del deseo de consumir alimentos.

Hembras en período de lactancia

La oferta adecuada de lípidos en la suplementación de la cerda lactante permite mejorar la ingesta de alimento, de tal manera que se incrementa la producción de grasa en la leche y la tasa de crecimiento de la camada²⁵. Se ha establecido que el ácido araquidónico es un ácido graso poliinsaturado de cadena larga presente en la leche materna, el cual, está estrechamente relacionado con el normal crecimiento y desarrollo durante el periodo perinatal²⁶.

Otro ácido graso ampliamente estudiado en cerdas lactantes es el ácido linoléico conjugado (ALC), su incorporación en la dieta en la última semana de gestación y durante la lactancia, disminuye la pérdida de grasa dorsal en la primera etapa de lactancia, altera la concentración de grasa cruda y ácidos grasos del calostro y la leche, al incrementar los ácidos grasos saturados, disminuir los monoinsaturados sin alterar los poliinsaturados, por otro lado, se comprobó, que su inclusión en la dieta mejora el peso al destete en los lechones²⁷. Estos resultados son importantes debido a que en otros estudios realizados se demostró que “la grasa dietética materna durante la lactancia afectó significativamente a la grasa subcutánea de la progenie en la etapa de destete, pero no se observó ningún efecto duradero de esta en la etapa de acabado”²⁸.

La suplementación del ALC en cerdas se ha evaluado utilizando como fuente el salmón (que proveía n-3 ALC AGP), en este caso se concluyó que la utilización de energía por parte de la cerda, así como el estado catabólico no fueron alterados en el período de lactancia con la suplementación²⁹.

Han sido utilizadas diferentes materias primas para la inclusión de los ácidos grasos en la dieta de las cerdas, Tanghe y colaboradores en 2016, utilizaron el aceite de linaza, sus resultados sugieren, que este influyó positivamente en el crecimiento de los lechones antes del destete¹³, lo cual aumentó la posibilidad de sobrevivencia de los lechones, al ponerse más rápido en pie, evitando la muerte por asfixia materna.

También se han utilizado como fuente de ácidos grasos en la dieta de las cerdas lactantes, la grasa de cerdo y el aceite de girasol, este estudio corroboró que la composición de los lípidos en la dieta influye sobre las características del calostro y la leche; también descubrieron que alteraba la composición de la grasa subcutánea e intramuscular en los cerdos destetados³⁰.

Inmediatamente después del destete, se produce en los lechones la beta-oxidación de los ácidos grasos en el tejido adiposo, su movilización es preferencial dependiendo de la longitud de la cadena y la presencia de dobles enlaces³¹. En los lechones de cerdas alimentadas con una dieta rica en AGP se registró mayor movilización de ácidos grasos y mayor actividad de L - 3 - hidroxiasil - CoA deshidrogenasa (L3HOAD) que en los lechones de cerdas alimentadas con una dieta rica en ácidos grasos saturados³⁰.

Efectos en Lechones

El aumento en el interés por suministrar a los cerdos dietas con niveles más altos de AGP n-3, se debe a su importancia como proveedor natural de ácidos grasos, el enfoque principal ha sido hacia el tipo de AGP y el equilibrio en la dieta entre n-3 AGP formado a partir de alfa Linolenico (18: 3) y n-6 AGP formado a partir de ácido linoleico³².

La dieta AGP n-3 puede mejorar el estado inmune de los cerdos destetados, con un considerable aumento en los niveles del factor de necrosis tumoral alfa en el plasma de cerdos que consumen AGP n-3, en comparación con aquellos alimentados con aceites vegetales. El aumento gradual de peso corporal, debido al consumo de alimento y la eficiencia de la alimentación tras el destete probablemente refleja una adaptación progresiva al post-destete y una mejora gradual de la microbiota gastrointestinal³³.

Muchas investigaciones indican que la alimentación con AGP n-3 tiende a mejorar la ganancia de peso de los lechones^{14 13}, aunque, contrariamente, se encontró

información que demostraba que los lechones hembras que consumían la dieta suplementada con AGP n-3 eran más ligeras en la semana 4 post-destete³³.

Los ácidos grasos son una gran fuente de energía, de los componentes importantes de la membrana celular, sustratos metabólicos en muchas vías bioquímicas, moléculas de señalización celular, y desempeñan un papel crítico como moduladores inmunes³⁴.

En los lechones, los ácidos grasos de cadena media son efectivamente hidrolizados por lipasas gástricas y pancreáticas, que proveen de manera rápida energía para los enterocitos e intermediarios hepáticos del metabolismo; también alteran la composición de la microbiota intestinal, inhiben la multiplicación bacteriana del contenido gastrointestinal principalmente para *Salmonella* y Coliformes. La adición en la dieta de estos ácidos grasos por encima del 8% tiene efectos negativos en la palatabilidad del alimento, disminuyendo así el consumo voluntario³⁵.

Algunos resultados mostraron que la composición de ácidos grasos en plasma de los lechones estaba marcadamente influenciada por la composición del calostro y la leche, y ambos reflejan el perfil de ácidos grasos de las dietas de la cerda. Esto indica que el perfil materno de los ácidos grasos en la dieta determina la composición de ácidos grasos de la descendencia por el calostro materno y leche³⁶.

En los cerdos, los ácidos grasos específicos que incluyen cadena corta, mediana y larga (ácidos grasos poliinsaturados) juegan un papel terapéutico en la inflamación intestinal². En cerdos neonatos, la adición de ALC en la dieta, disminuye la biosíntesis de ácidos grasos poliinsaturados n-6 de cadena larga por inhibición de la elongación y desaturación del ácido linoleico, pero no tiene efecto sobre la beta oxidación de los ácidos grasos³⁷. Adicionalmente, permite incrementar la concentración de los ácidos grasos en el tejido del yeyuno y en el organismo en general del feto y lechón lactante³⁸.

El ácido linoleico (AL) en la dieta de los cerdos, incrementa su concentración en la mayoría de los tejidos, lleva al incremento de los ácidos poliinsaturados n-6³⁹, así como

la concentración del ácido graso araquidónico en el hígado⁴⁰, pero disminuye los ácidos grasos palmítico, esteárico, oleico⁴¹ y en el hígado el eicosapentaenoico y docosahexaenoico⁴⁰.

La inclusión de ácido alfa linoleico (AAL) aumenta en los tejidos los ácidos polinsaturados n-3 y disminuye el de AL y AAL en el hígado, por otro lado, incrementa el ácido eicosapentaenoico pero disminuye el docosahexaenoico; cuando se suplementa la cerda gestante, los lechones presentan mayor concentración de AAL y eicosapentaenoico en el hígado y este último ácido graso más el docosapentaenoico y el docosahexaenoico en el cerebro⁴². Adicionalmente, potencia la actividad del acetil CoAcarboxilasa en el tejido adiposo subcutáneo y del ácido graso sintetasa en el tejido adiposo intermuscular; mientras que deprime la actividad de la enzima málica en el hígado y en el tejido adiposo subcutáneo.

El aumento en el contenido del ácido araquidónico en la dieta de los cerdos incrementa su concentración en el tejido cardíaco y hepático⁴³. Las dietas bajas en grasas estimulan la síntesis de ácidos grasos por parte del organismo⁷, mientras que las altas en grasas saturadas y colesterol alteran el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, suprime la liberación de cortisol, aumenta la resistencia a la insulina y la intolerancia a la glucosa⁴⁴. Adicionalmente, producen una depresión en la expresión de los receptores de insulina, en el tejido adiposo, muscular y de adiponectin y adiponectin-2 en el tejido adiposo⁴⁵.

El ácido eicosapentaenoico (EPA) en humanos está asociado con la disminución en la mortalidad de pacientes con enfermedad cardio-isquémica; en cerdos, este ácido atenúa la ocurrencia de fibrilación ventricular y la duración del potencial de acción monofásico durante la isquemia, evidenciando la inhibición del ARNm y la expresión proteica de Kir6.2 el mayor componente de los canales de K ATP de los sarcolema⁴⁶

Efectos en Cerdos en levante y ceba

En cerdos en etapa de levante y ceba las investigaciones se han dirigido principalmente hacia determinar su efecto sobre algunas características de la canal, encontrando diversos resultados, algunas veces contradictorios.

Dietas bajas en proteína, pero suplementadas con ácidos grasos polinsaturados no alteran la grasa intramuscular, aunque si la concentración de ácidos grasos, aumentando los n-3 por encima de 113 mg por cada 100 g de músculo y disminuyendo los ácidos grasos polinsaturados n-6/n-3. No se presentó efecto sobre el crecimiento o la calidad del músculo *longissimus dorsi* en cerdos, pero si sobre la ganancia diaria de peso⁴⁸.

Alonso y colaboradores en 2012, comparó los efectos al incluir en la dieta de los cerdos fuentes de grasa de origen animal proveniente del salmón y vegetal de dos tipos, aceite de soya y aceite de palma para evaluar la calidad de la carne y la composición de los ácidos grasos en esta. Para el experimento se utilizaron 43 cerdos machos enteros, de las razas Pietran, Landrace y Large White; encontrando que el contenido de grasa intramuscular fue más alto en carne de cerdos alimentados con grasa de origen animal; la oxidación de lípidos fue mayor también en carne de estos animales. Por otro lado, la inclusión del aceite de soja en la dieta tuvo los valores más bajos para ambos parámetros.

Adicionalmente, el perfil de ácidos grasos en el tejido intramuscular y subcutáneo, fue principalmente afectado por la inclusión de aceite de soja al 1% en la dieta, mostrando además los niveles más bajos de monoinsaturados y el más alto nivel de grasas poliinsaturadas. Las diferentes fuentes de grasas en las dietas que se utilizaron en esta investigación dieron lugar únicamente a las diferencias en la calidad de la carne⁴⁹. Los aspectos de calidad de la carne afectados fueron la firmeza del tejido graso (dureza), suavidad de la grasa en la carne, especialmente el tejido subcutáneo e intermuscular (grasas de la canal), y también la intramuscular (veteado) de grasa y sabor⁴⁸.

Algunas investigaciones realizadas en cerdos demuestran que el suministro de dietas ricas en ácido oleico no afecta la calidad de la canal ni sus cortes, pero si incrementa el porcentaje de ácidos monoinsaturados en la grasa subcutánea, el porcentaje de ácidos grasos saturados y monoinsaturados en la grasa intramuscular, por otro lado, disminuye el porcentaje de los ácidos grasos polinsaturados ^{50 51}.

El consumo de ácido docosahexaenóico y otros ácidos grasos polinsaturados n-3 como el AAL se han relacionado con la disminución de la obesidad debida al síndrome metabólico. En los cerdos, la suplementación con este ácido graso reduce en el hígado y tejido adiposo la expresión del factor de transcripción forkhead box O1 (foxO1) y FoxO3. También regula los genes objetivos para el FoxO que son la proteína de transferencia microsomal triacil-glicerol, glucosa-6-fosfatasa, apolipoproteína C-III y el factor de crecimiento insulina dependiente (binding-protein 1) en el hígado, adicionalmente reduce los niveles plasmáticos de colesterol y triacilgliceridos en cerdos⁵². Los resultados sugieren que la reducción del contenido de AAL en el contexto de una dieta alta en grasa podría conducir a la mitigación del desarrollo de la hiperinsulinemia y la dislipidemia sin efectos significativos sobre el tejido adiposo⁵³.

Los resultados reportados sobre la adición de ácido linoleico conjugado (ALC) en la dieta de los cerdos son contradictorios, algunos mencionan que se disminuye la grasa dorsal y aumenta el marmóreo en los cerdos⁵⁴, igualmente modifica la grasa intramuscular, la composición de ácidos grasos en el músculo esquelético y la grasa de los cerdos, incrementa los ácidos grasos saturados y disminuye los monoinsaturados; también aumenta en el peso del lomo⁵⁵. Otros experimentos demostraron que su adición incrementa los ácidos grasos insaturados y la grasa intramuscular⁵⁶.

Contrario a lo anterior, otros autores determinaron que el ALC en la dieta de los cerdos disminuye los ácidos grasos tanto mono como poli insaturados, adicionalmente, en la carne incrementa la humedad y disminuye la grasa, el lomo toma un color más brillante y los jamones un color más oscuro, tras la cocción los lomos oponen mayor fuerza de

corte⁵⁷. También se ha encontrado que puede no afectar la grasa intramuscular en el músculo *longissimus thoracis* y semimembranoso, pero si aumenta el peso del hígado, reduce la grasa peri renal y la grasa dorsal entre la tercera y la cuarta vértebra lumbar⁵⁸.

En cuanto a otros parámetros productivos se determinó que la adición de ALC con diferentes niveles de ácidos grasos monoinsaturados no altera la ganancia de peso, el consumo, la conversión alimenticia, el rendimiento en canal, la grasa dorsal, el peso, pH o color del lomo en los cerdos^{56 59}. Lo mismo se concluyó en el estudio realizado por Corino y colaboradores en el 2008, en el cual se determinó que la suplementación con ALC no afectaba el crecimiento de los cerdos o sus metabolitos sanguíneos, aunque si reducía el pH y la síntesis de colágeno en músculo *longissimus thoracis*, también reducía el diámetro del hueso metacarpiano, e incrementa el amarillamiento de este mismo músculo⁶⁰. Otro estudio donde se usó una dieta con arginina, y suplementos de ALC usados por 4 semanas, no afectó el rendimiento del crecimiento en cerdos⁶¹. Esto es consistente con estudios previos en cerdos, en los que el ALC en la suplementación de la dieta no tuvo efecto sobre el aumento de peso, el consumo de alimento, o la eficiencia alimenticia⁶¹.

Gunnarsson y colaboradores en 2008, realizaron un estudio sobre 27 cerdas de raza Yorkshire multíparas, las cuales se dividieron en cuatro grupos y se alimentaron con dietas de diferentes contenidos de grasa y AGP durante el embarazo y la lactancia. En el experimento, se observó un efecto significativo de la dieta con alto contenido de grasa en términos del perfil de los ácidos grasos en el tejido adiposo y la grasa dorsal de las cerdas y una disminución de ácidos grasos saturados e insaturados. La grasa dorsal de todas las cerdas contenía C18: 1 ácido oleico (33-38%) y ácido palmítico (30-33%) en las cantidades más altas. La grasa dorsal del tejido adiposo subcutáneo de los animales que recibieron una dieta aceite de colza en su mezcla de alimentación (grupo II) contenía una cantidad significativa de AGI y un menor contenido de AGS (menor relación de AGS / AGI) en comparación con los restantes¹⁸.

Estudios de la inclusión de materias primas ricas en ácidos grasos como la linaza, la soya, las castañas de indias, aceite de colza, de palma, en cerdos de raza celta, cerdos macho cruzados y de la raza Duroc (en polaco Large White × Landrace danesa), encontraron que, en estos animales, los ácidos grasos n-3 AGP tienen un efecto en la cantidad de grasa, en el peso corporal de los cerdos, en la calidad de la carne y en el marmoleado de ella⁶².

Los granos de destilería solubles (DDGS) por sus siglas en inglés, los cuales son concentraciones de cereales con un alto contenido de grasas y fibra en estado seco, fueron utilizados para la alimentación de cerdos, en este estudio, se usaron en un total de 432 animales con el fin de evaluar su efecto sobre el crecimiento, las características de la canal y la calidad de la grasa, utilizando un 40% de DDGS⁶³, en este trabajo se encontró que los cerdos en crecimiento y acabado alimentados con estas dietas tenían una ganancia de peso corporal mayor en relación con los cerdos alimentados con dietas de harina de soja y maíz, lo que puede explicarse por el elevado contenido de grasa y fibra en estas dietas⁶².

Adicionalmente se concluyó, que los cerdos alimentados con DDGS en las dietas, tuvieron un rendimiento mayor de crecimiento global y las características de la canal no se vieron afectados por el contenido de aceite variable de DDGS, ya que los contenidos previstos eran similares. La reducción en el contenido de aceite de DDGS disminuyó la ingesta de AGP de los cerdos, y, por lo tanto, mejoró la calidad de la grasa de cerdo mediante la reducción de los depósitos de grasa de la canal⁶².

Efectos en parámetros reproductivos

Las investigaciones sugieren que los ácidos grasos, influyen especialmente sobre los procesos reproductivos, este fenómeno parece ser cada vez más importante cuando la cerda tiene una edad avanzada, debido a que con cada lactancia se deteriora gradualmente su capacidad reproductiva⁶⁴. El objetivo de suplementar la dieta con ácidos grasos durante la lactancia, es crear un balance positivo en estos, para mejorar su posterior reproducción. La ingesta de ácido linoleico adecuada mejoró la proporción de cerdas que parieron en el ciclo subsiguiente y, además, aumentó el número de cerdos nacidos en el ciclo posterior⁶³.

La suplementación con ácido alfa linolénico permitió un rápido retorno al estro obteniendo esta respuesta en el 94,2% de las cerdas gestantes y cerdas destetadas y logró una alta retención del embarazo (cerdas gestantes 98%). En conjunto, se concluye que debe proporcionarse a las cerdas una ingesta dietética mínimo de 10 gramos al día de AAL, en forma simultánea con un mínimo de 125 gramos/día de ácido linoleico⁶⁵, con el fin de obtener los parámetros reproductivos mencionados.

En un estudio dirigido exclusivamente a definir el efecto de los ácidos grasos sobre el rendimiento de los machos en la producción de espermatozoides en tres razas, Duroc, Large-White y Pietrain⁶⁶, en el cual se separó cada especie en dos grupos, uno control y al otro se le adicionó omega 3, se encontró que la raza Duroc, no mejoró la calidad de su espermatozoide con el consumo de omega 3, las otras dos razas tuvieron efectos positivos ya que los cerdos Large-White y Pietrain, tuvieron un volumen de eyaculación significativamente mayor. Adicionalmente, en este estudio, se determinó la calidad del semen encontrando que: “el porcentaje de espermatozoides con motilidad progresiva (PMOT) durante el periodo de 26 semanas en cerdos Large-White fue el que presentó un mayor número de espermatozoides con PMOT”⁶⁴.

También se observó un aumento del porcentaje de espermatozoides maduros en las razas Large-White y Pietrain⁶⁴. Los datos sugieren, por primera vez, una relación diferente entre la suplementación dietética n-3, la morfología del espermatozoide y la

resistencia osmótica con respecto a la raza utilizada. Una posible hipótesis para explicar estos resultados es que los efectos de n-3 AGP en la espermatogénesis podría ser ligeramente diferente para cada raza, ya que esto estaría relacionado con la composición diferente de la membrana plasmática del esperma en las razas y / o las influencias de estos AGP durante la espermatogénesis.

Se puede concluir de este estudio, que la suplementación con omega 3, mejora la calidad y cantidad de esperma en los reproductores de las razas Large-White y Pietrain⁶⁴, siendo de gran utilidad para los criadores de cerdos y en el uso de la inseminación artificial.

Referencias bibliográficas

¹Ivanovic, J. Srdjan Pantica, ET. Al. Effect of conjugated linoleic acids in pig nutrition on quality of meat. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Belgrado, Bulevar Oslobođenja, Belgrado serbia, 2015, Procedia Food Science, DOI: 15964||, Volume 5, Pag 105 – 108.

²Yulan Liu. Fatty acids inflammation and intestinal health in pigs. 2015 Abril [cited 2016 Agosto] Journal of Animal Science and Biotechnology Volumen 6, DOI: 10.1186/s40104-015-0040-1, Septiembre 09, 2015.

³Caroline Clouard, Walter J. J. Gerrits, Bas Kemp, David Val-Laillet, J. Elizabeth Bolhuis. Perinatal Exposure to a Diet High in Saturated Fat, Refined Sugar and Cholesterol Affects Behaviour, Growth, and Feed Intake in Weaned Piglets. [Cited 2016 Mayo 18], PLOS ONE, Volumen 11, DOI: e0154698.

⁴Mitchaothai J, Yuangklang C, Wittayakun S, Vasupen K, Wongsutthavas S, Srenanul P, et al. Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing–finishing swine. Meat Science. [cited 2015 Abril 12], Volumen 76, DOI: S0309174006003573.

⁵Sousa RV, Fialho ET, Lima JAF, Alvarez-Leite JI, Cortez WC, Ferreira MSS. Effect of different oils in diets for finishing pigs: Performance, carcass traits and fatty acid profile of the meat. Animal Production Science. [cited 2015 Abril 12], Volume 50, DOI: AN09138.

⁶Realini CE, Duran-Montgé P, Lizardo R, Gispert M, Oliver MA, Esteve-Garcia E. Effect of source of dietary fat on pig performance, carcass characteristics and carcass fat content, distribution and fatty acid composition. Meat Science. [cited 2015 Abril 15], Volmen 85, DOI: S0309174010000835.

⁷Hallenstvedt E, Kjos NP, Øverland M, Thomassen M. Changes in texture, colour and fatty acid composition of male and female pig shoulder fat due to different dietary fat sources. *Meat Science*. [cited 2015 Abril 16], Volumen 90, DOI: S0309174011002944.

⁸Duran-Montgé P, Realini CE, Barroeta AC, Lizardo RG, Esteve-Garcia E. De novo fatty acid synthesis and balance of fatty acids of pigs fed different fat sources. *Livestock Science*. [cited 2015 Abril 18], Volumen 132, DOI: S1871141310002064.

⁹Rossi R, Pastorelli G, Cannata S, Corino C. Recent advances in the use of fatty acids as supplements in pig diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*. [cited 2015 Abril 16], Volumen 162, DOI: S0377840110002804.

¹⁰ Defoirdt T, Boon N, Sorgeloos P, Verstraete W, Bossier P. Short-chain fatty acids and poly- β -hydroxyalkanoates: (New) Biocontrol agents for a sustainable animal production. *Biotechnology Advances*. [cited 2015 Abril 17], Volumen 27, DOI: S0734975009000779.

¹¹Dominguez, R. et al. Fatty acids, retinol and cholesterol composition in various fatty tissues of Celta pig breed: Effect of the use of chestnuts in the finishing diet. Universidad de Vigo, Facultad de Ciencias, Ourense España, *Journal of Food Composition and Analysis* Volume 37, DOI: S0889157514001409, Febrero 01 2015.

¹²SofieTanghe, Stefaan De Smet. ¿Does sow reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet? [Cited 2016, Nov.1], *the Veterinary Journal*, Volumen 197, DOI: S109002331300169X.

¹³ S. Tanghe, J.Missotten, K.Raes, J.Vangeyte, S. De Smet. Diverse effects of linseed oil and fish oil in diets for sows on reproductive performance and preweaning growth of pig lets. [cited 2016 Nov1], *Livestock Science* Volumen 164, DOI: S1871141314001395.

¹⁴ M. N. Smit-, J. L. Patterson, S. K. Webel, J. D. Spencer, A. C. Cameron, M. K. Dyck, W. T. Dixon and G. R. Foxcroft. Responses to n-3 fatty acid (LCPUFA) supplementation of gestating gilts, and lactating and weaned sows [cited 2016. Octubre 20], *Animal*, Volumen 7, DOI: 10.1017/S1751731112002236.

¹⁵Yong Shen, Haifeng Wan, Jiatao Zhu, Zhengfeng Fang, Lianqiang Che, Shengyu Xu, Yan Lin, Jian Li, De Wu. Fish Oil and Olive Oil Supplementation in Late Pregnancy and Lactation Differentially Affect Oxidative Stress and Inflammation in Sows and Piglets. [cited 2016 Octubre 20], *Lipids*, Volumen 50, DOI: 10.1007/s11745-015-4024-x.

¹⁶ M. N. Smit, J. D. Spencer, J. L. Patterson¹, M. K. Dyck, W. T. Dixon¹ and G. R. Foxcroft. Effects of dietary enrichment with a marine oil-based n-3 LCPUFA supplement in sows with predicted birth weight phenotypes on birth litter quality and growth performance to weaning. [Cited 2014 Septiembre 29], *Animal*, Volumen 9, DOI: S175173111400319X.

¹⁷R. J. Smits, B. G. Luxford, M. Mitchell, M. B. Nottle. Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. [Cited 2014 Diciembre 4], *Journal of Animal Science*, Volumen 89, DOI: 10.2527/jas.2010-3593.

¹⁸Gunnarsson S, Pickova J, Högberg A, et al. Influence of sow dietary fatty acid composition on the behaviour of the piglets. [Cited 2019 junio 4], *Livestock Science*, Volume 123, DOI: S1871141308003958.

¹⁹Gabler NK, Radcliffe JS, Spencer JD, Webel DM, Spurlock ME. Feeding long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids during gestation increases intestinal glucose absorption potentially via the acute activation of AMPK. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. [cited 2015 Mayo 14], Volumen 20, DOI: S0955286307002744.

²⁰ A. de Greeff, P. Bikker, A. Smit-Heinsbroek, E. Bruininx, H. Zwolschen, H. Fijten, P. Zetteler, S. Vastenhouw, M. Smits and J. Rebel. Increased fat and polyunsaturated fatty acid content in sow gestation diet has no effect on gene expression in progeny during the first 7 days of life. [Cited 2015 April 14], *The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Volumen 100, DOI: 10.1111/jpn.12345.

²¹ L.L. Hoving, N.M. Soede, H. Feitsma, and B. Kemp. Embryo survival, progesterone profiles and metabolic responses to an increased feeding level during second gestation in sows. [Cited 2011 Noviembre 24], *Theriogenology an International Journal of Animal Reproduction*, Volumen 77, DOI: 10.1016.2011.11.024.

²² J. R. Miles, J. L. Vallet, J. J. Ford, Freking, W. T. Oliver, and L. A. Rempel. Contributions of the maternal uterine environment and piglet genotype on weaning survivability potential: II. Piglet growth, lactation performance, milk composition, and piglet blood profiles during lactation following reciprocal embryo transfers between Meishan and White crossbred gilts. [Cited 2015 Mayo 1], *Journal of Animal Science*, Volumen 93, DOI: 10.2527/jas.2014-8426.

²³ Yong Shen, Haifeng Wan, Jiatao Zhu, Zhengfeng Fang, Lianqiang Che, Shengyu Xu, Yan Lin, Jian Li, De Wu. Fish Oil and Olive Oil Supplementation in Late Pregnancy and Lactation Differentially Affect Oxidative Stress and Inflammation in Sows and Piglets. [cited 2016 Octubre 20], *Lipids*, Volumen 50, DOI: 10.1007/s11745-015-4024-x.

²⁴ David S. Rosero, R. Dean Boyd, Mark McCulley, Jack Odleb, Eric vanHeugten. Essential fatty acid supplementation during lactation is required to maximize the subsequent reproductive performance of the modern sow. [Cited 2015 Marzo 25], *Animal Reproduction Science*, Volumen 168, DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.03.010.

²⁵ D. S. Rosero, J. Odle, S. M. Mendoza, R. D. Boyd, V. Fellner, and E. van Heugten. Impact of dietary lipids on sow milk composition and balance of essential fatty acids

during lactation in prolific sows. [Cited 2015 Junio 25], Journal of Animal Science and Biotechnology, Volumen 93, DOI: 0.2527/jas.2014-8529.

²⁶Tyburczy C, Kothapalli KSD, Park WJ, Blank BS, Bradford KL, Zimmer JP, et al. Heart arachidonic acid is uniquely sensitive to dietary arachidonic acid and docosahexaenoic acid content in domestic piglets. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. [cited 2015 Julio 5], Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA) Volumen 85, DOI: S0952327811001190.

²⁷ Cordero G, Isabel B, Morales J, Menoyo D, Piñeiro C, Daza A, et al. Conjugated linoleic acid (CLA) during last week of gestation and lactation alters colostrum and milk fat composition and performance of reproductive sows. Animal Feed Science and Technology. [cited 2015 Junio 14], Animal Feed Science and Technology, Volumen 168, DOI: S0377-8401(11)00204-5.

²⁸Le Ci, Zhiqing Liu, Jun Guo, Sun Hailin, Yanping Huang, Ruqian Zhao, Yang Xiaojing. The influence of maternal dietary fat on the fatty acid composition and lipid metabolism in the subcutaneous fat of progeny pigs. [Cited 2015 Abril 16], Meat Science, Volumen 108, DOI: S0309174015300279.

²⁹Denise K. Gessner, Birthe Gröne, Aline Couturier, Susann Rosenbaum, Sonja Hillen, Sabrina Becker, Georg Erhardt, Gerald Reiner, Robert Ringseis, Klaus Eder. Dietary Fish Oil Inhibits Pro-Inflammatory and ER Stress Signalling Pathways in the Liver of Sows during Lactation. [Cited 2015 septiembre 9], Plos One, Volumen 10, DOI: e0137684.

³⁰J.G. Vicente, B. Isabel, G. Cordero, C .J. López-Bote. Fatty acid profile of the sow diet alters fat metabolism and fatty acid composition in weanling pigs. [Cited 2015 noviembrel 16], Animal Feed Science and Technology, Volume 181, DOI: S0377840113000369.

³¹Z. Hadaš, M. Čechova, P. Nevrla. Effect of feeding sows on rations enriched with conjugated linoleic acid (cla) and the growth capacity and survival of their piglets. [Cited 2012 Julio 3]. Animal Science Commons, Volumen 60, DOI: 2013000243.

³²W. Smink, M. W. A. Verstegen, W. J. J. Gerrits. Effect of intake of linoleic acid and a-linolenic acid levels on conversion into long-chain polyunsaturated fatty acids in backfat and in intramuscular fat of growing pigs. [Cited 2012 Febrero 16], the *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Volumen 97, DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01296.x.

³³Qizhang Li, Joel H Brendemuhl, Kwang C Jeong and LokengaBadinga. Effects of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids on growth and immune response of weanling pigs, *Journal of Animal Science and Technology*, Volumen 85, DOI: 10.1186/2055-0391-56-7.

³⁴A.K. Agyekuma, A. Regassaa, E. Kiariea, C.M. Nyachotia. Nutrient digestibility, digesta volatile fatty acids, and intestinal bacterial profile in growing pigs fed a distillers dried grains with solubles containing diet supplemented with a multi-enzyme cocktail. 2015 dic [cited 2016 Agosto], *Animal feed science and Technology*, Volumen 212, DOI: S0377840115300808.

³⁵Zentek J, Buchheit-Renko S, Ferrara F, Vahjen W, Van Kessel AG, Pieper R. Nutritional and physiological role of medium-chain triglycerides and medium-chain fatty acids in piglets. [cited 2015 Abril 16], *Animal health research reviews*, Volumen 12, DOI: 10.1017/S1466252311000089.

³⁶Amanda Fernandez-Rodriguez, Maria Munoz, Almudena Fernandez, Ramona N. Pena, Anna Tomas, Jose L. Noguera, Cristina Ovilo, and Ana I. Fernandez. Differential Gene Expression in Ovaries of Pregnant Pigs with High and Low Prolificacy Levels and Identification of Candidate Genes for Litter Size. [Cited 2010 Octubre 16], *Biology of Reproduction*, Volumen 84, DOI: 10.1095/biolreprod.110.085589.

³⁷Lin X, Bo J, Oliver SAM, Corl BA, Jacobi SK, Oliver WT, et al. Dietary conjugated linoleic acid alters long chain polyunsaturated fatty acid metabolism in brain and liver of neonatal pigs. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. [cited 2015 Junio 14]. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, Volumen 22, DOI: 10.1016/j.jnutbio.2010.09.002.

³⁸De Quelen F, Boudry G, Mourot J. Linseed oil in the maternal diet increases long chain-PUFA status of the foetus and the newborn during the suckling period in pigs. *British Journal of Nutrition*. [cited 2015 Mayo 12], Volumen 104, DOI: 10.1017/S0007114510000772.

³⁹Guillevic M, Kouba M, Mourot J. Effect of a linseed diet or a sunflower diet on performances, fatty acid composition, lipogenic enzyme activities and stearoyl-CoA-desaturase activity in the pig. *Livestock Science*. [cited 2015 Julio 14], Volumen 124, DOI: S1871141309000626.

⁴⁰Smink W, Gerrits WJJ, Gloaguen M, Ruiter A, Van Baal J. Linoleic and α -linolenic acid as precursor and inhibitor for the synthesis of long-chain polyunsaturated fatty acids in liver and brain of growing pigs. [cited 2015 Junio 15]. *Journal of Animal Science*, Volumen 6, DOI: 10.1017/S1751731111001479.

⁴¹ Pascual JV, Rafecas M, Canela MA, Boatella J, Bou R, Barroeta AC, et al. Effect of increasing amounts of a linoleic-rich dietary fat on the fat composition of four pig breeds. Part II: Fatty acid composition in muscle and fat tissues. *Food Chemistry*. [cited 2015 Junio 14], Volumen 10, DOI: S0308814606000276.

⁴²Sampels S, Pickova J, Högberg A, Neil M. Fatty acid transfer from sow to piglet differs for different polyunsaturated fatty acids (PUFA). *Physiological Research*. [cited 2015 Junio 17], Volumen 204, DOI: 20945951.

⁴³FAO. Fats and oils in human nutrition. Manuscript A. NIH Public Access. Changes. 2012. *Foods and nutrition*, Volumen 70, DOI: 10.1111/j.1753-4887.2011. 00456.x.

⁴⁴Lomax M, Karamanlidis G, Laws J et. al. Pigs fed saturated fat/cholesterol have a blunted hypothalamic-pituitary-adrenal function, are insulin resistant and have decreased expression of IRS-1, PGC1 α and PPAR α . The Journal of Nutritional Biochemistry. [Cited 2013 Abril 10], Volumen 24, DOI:10.1016/j.jnutbio.2012.03.013.

⁴⁵Lomax MA, Karamanlidis G, Laws J, Cremers SG, Weinberg PD, Clarke L. Pigs fed saturated fat/cholesterol have a blunted hypothalamic-pituitary-adrenal function, are insulin resistant and have decreased expression of IRS-1, PGC1 α and PPAR α . The Journal of Nutritional Biochemistry. [cited 2015 Mayo 20], Volumen 24, DOI :10.1016/j.jnutbio.2012.03.013.

⁴⁶Tsuburaya R, Yasuda S, Ito Y, Shioto T, Gao JY, Ito K, et al. Eicosapentaenoic acid reduces ischemic ventricular fibrillation via altering monophasic action potential in pigs. Journal of Molecular and Cellular Cardiology. [cited 2015 Agosto 10], Journal of Molecular and Cellular Cardiology, Volumen 51, DOI: 21651914.

⁴⁷Gao J Y, Yasuda S, Tsuburaya R, et al. Long-term treatment with eicosapentaenoic acid ameliorates myocardial ischemia-reperfusion injury in pigs in vivo. -Involvement of Rho-kinase pathway inhibition. [Cited 2011 Mayo 4]. Circulation Journal Japanece Circulation, Volumen 75, DOI: 21628831.

⁴⁸Dannenberger D, Nuernberg K, Nuernberg G, Priepke A. Different dietary protein and PUFA interventions alter the fatty acid concentrations, but not the meat quality, of porcine muscle. Nutrients. [cited 2015 Mayo 19], Volumen 14, PMC3475234.

⁴⁹Alonso, V; Najes, L; Provincial, L. Guillén, E; Gil, M; Roncalés, P; &Beltrán, J. Influence of dietary fat on pork eating quality Department of Animal Production and Food Science, University of Zaragoza, Spain. [cited 2014 Junio 14], Meat Science, Volumen 92, DOI: 22771111.

⁵⁰ Mas G, Llavall M, Coll D, Roca R, Diaz I, Gispert M, et al. Carcass and meat quality characteristics and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and

gilts fed an elevated monounsaturated fat diet. Meat Science. [cited 2015 Julio 4], Volumen 85, DOI: 20416793.

⁵¹ Mas G, Llavall M, Coll D, Roca R, Díaz I, Oliver MA, et al. Effect of an elevated monounsaturated fat diet on pork carcass and meat quality traits and tissue fatty acid composition from York-crossed barrows and gilts. Meat Science. [cited 2011 Diciembre 4], Volumen 89, DOI: S0309174011001884.

⁵² Chen Y-J, Chen C-C, Li T-K, Wang P-H, Liu L-R, Chang F-Y, and et al. Docosahexaenoic acid suppresses the expression of FoxO and its target genes. The Journal of Nutritional Biochemistry. [cited 2015 Agosto 10], Volumen 23, DOI: 22444500.

⁵³ Ramesh B Potu, el Hang Lu, OlayiwolaAdeola y Kolapo M Ajuwon. Metabolic markers in Ossabaw pigs fed high fat diets enriched in regular or low α -linolenic acid soy oil. Potu et al. Nutrition & Metabolism. [cited 2013 Marzo 10], Volumen 72, DOI: PMC3608241.

⁵⁴ Barnes KM, Winslow NR, Shelton AG, Hlusko KC, Azain MJ. Effect of dietary conjugated linoleic acid on marbling and intramuscular adipocytes in pork. Journal of Animal Science. [cited 2015 mayol 21], Volumen 90, DOI: 22079992.

⁵⁵ Cordero G, Isabel B, Menoyo D, Daza A, Morales J, Piñeiro C, et al. Dietary CLA alters intramuscular fat and fatty acid composition of pig skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue. Meat Science. [cited 2015 Mayo 28], Volumen 85, DOI: 20374891.

⁵⁶ Martin D, Muriel E, Gonzalez E, Viguera J, Ruiz J. Effect of dietary conjugated linoleic acid and monounsaturated fatty acids on productive, carcass and meat quality traits of pigs. Livestock Science. [cited 2015 Junio 10], Volumen 117, DOI: S1871141307005598.

⁵⁷Intarapichet K-O, Maikhunthod B, Thungmanee N. Physicochemical characteristics of pork fed palm oil and conjugated linoleic acid supplements. Meat Science. [cited 2015 Junio 10], Volumen 80, DOI: S0309174008000934.

⁵⁸Tous N, Lizardo R, Vilà B, Gispert M, Font-i-Furnols M, Esteve-Garcia E. Effect of a high dose of CLA in finishing pig diets on fat deposition and fatty acid composition in intramuscular fat and other fat depots. Meat Science. [cited 2015 Junio 12], Volumen 93, DOI: S0309174012003439.

⁵⁹M.Swi, Atkiewiczza, M. Oczkowiczb, K. Ropka-Molikb, E. Hanczakowskaca. The effect of dietary fatty acid composition on adipose tissue quality and expression of genes related to lipid metabolism in porcine livers. [cited 2016 Marzo 16], Animal Feed Science and Technology, Volumen 216, DOI: S0377840116301250.

⁶⁰Corino C, Musella M, Pastorelli G, Rossi R, Paolone K, Costanza L, et al. Influences of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and total lysine content on growth, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. Meat Science. [cited 2015 Junio 12], Volumen 79, DOI: S0309174007003063.

⁶¹Gwangwoong Go, Guoyao Wu • David T. • Silvey • Seongho Choi Li Xilong • Stephen B. Smith. Lipid metabolism in pigs fed supplemental conjugated linoleic acid and/or dietary arginine. [cited 2012 Octubre 16], Amino Acids, Volumen 43, DOI: 10.1007/s00726-012-1255-5.

⁶² M. Sobol *, G. Skiba, S. Raj. Effect of n – 3 polyunsaturated fatty acid intake on its deposition in the body of growing-finishing pigs. [cited 2012 Febrero 16], Animal Feed Science and Technology, Volumen 208, DOI: S037784011500228X.

⁶³F. Wua, L.J. Johnstonb, P.E. Urriolaa, A.M. Hilbrandsb, G.C. Shursona. Evaluation of ME predictions and the impact of feeding maize distillers dried grains with solubles with variable oil content on growth performance, carcass composition, and pork fat

quality of growing-finishing pigs. [cited 2011 Marzo 14], *Animal Feed Science and Technology*, Volumen 213, DOI: S037784011630030X.

⁶⁴ David S. Rosero, R. Dean Boyd, Jack Odle y Eric van Heugten. Optimizing dietary lipid use to improve essential fatty acid status and reproductive performance of the modern lactating sow: a review. Rosero et al. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. [cited 2016 Enero 11], Volumen 46, DOI: 10.1186/s40104-016-0092-X.

⁶⁵ L.L. Hoving, N.M. Soede, H. Feitsma, and B. Kemp. Embryo survival, progesterone profiles and metabolic responses to an increased feeding level during second gestation in sows. [Cited 2011 Noviembre 2012]. *Theriogenology*, Volumen 77, DOI: 22342593

⁶⁶ Yeste M, Barrera X, Coll D, Bonet S. The effects on boar sperm quality of dietary supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids differ among porcine breeds. [cited 2011 Agosto 22], *Theriogenology*, Volumen 76, DOI: 21458051.